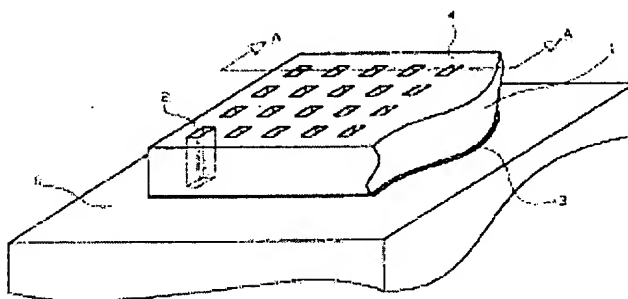


**Cooling device used in microprocessors comprises a substrate having a thermal conducting surface that forms a thermal contact with the object to be cooled and a thermal dissipating surface**

**Patent number:** DE10041829  
**Publication date:** 2002-03-21  
**Inventor:** HOFMANN WILFRIED (DE)  
**Applicant:** N F T NANOFILTERTECHNIK GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: H05K7/20; H01L23/367; B81C1/00  
- european: F28F13/00; H01L23/367W  
**Application number:** DE20001041829 20000825  
**Priority number(s):** DE20001041829 20000825

**Abstract of DE10041829**

Cooling device comprises a substrate (1) having a thermal conducting surface that forms a thermal contact with the object (6) to be cooled and a thermal dissipating surface having a larger structure (2) than the thermal conduction surface. An Independent claim is also included for a process for the production of a cooling device. Preferred Features: The ratio of the heat dissipating surface to the heat conducting surface is more than 10, preferably 400 or 700 or more. The structure is formed by channels which extend through the substrate and are vertical to the heat conducting surface.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 100 41 829 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 05 K 7/20**  
H 01 L 23/367  
B 81 C 1/00

(21) Aktenzeichen: 100 41 829.5  
(22) Anmeldetag: 25. 8. 2000  
(43) Offenlegungstag: 21. 3. 2002

DE 100 41 829 A 1

(71) Anmelder:  
N F T Nanofiltertechnik GmbH, 80801 München, DE

(74) Vertreter:  
von Bülow, T.,  
Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.pol., Pat.-Anw.,  
81545 München

(61) Zusatz in: 100 49 274.6

(72) Erfinder:  
Hofmann, Wilfried, Dr., 80638 München, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE	196 26 227 C2
DE	44 42 023 C3
DE	198 23 223 A1
DE	196 19 060 A1
DE	92 14 061 U1
DE	89 08 678 U1
DE	85 33 265 U1
DE	82 28 451 U1
DE	79 13 126 U1
DD	2 23 570 A1
US	60 43 986 A
US	55 06 753 A
US	55 04 378 A
US	50 02 123 A
EP	03 08 576 A2

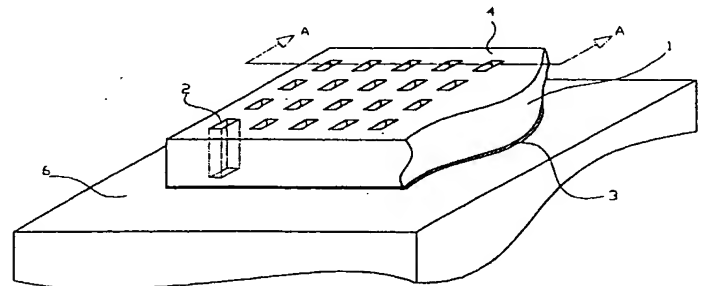
DE-Buch, Van LEYEN, Dieter Wärme Übertragung  
Siemens Verlag, 1971, S. 16-21, 96-103;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Kühleinrichtung und Verfahren zu deren Herstellung

(57) Die Kühleinrichtung, insbesondere für elektronische Bauteile, wie Mikroprozessoren, besteht aus einem Substrat (1), das eine Wärmeableitungsfläche, die in thermischem Kontakt zu einem zu kühlenden Gegenstand (6) steht und eine Wärmeableitungsfläche aufweist. Die Wärmeableitungsfläche hat eine definierte Strukturierung, vorzugsweise in Form von durchgehenden Kanälen (2) und hat damit eine wesentlich größere Oberfläche als die Wärmeableitungsfläche. Mindestens die Wärmeableitungsfläche, vorzugsweise aber auch alle oder wesentliche Teile der Wärmeableitungsfläche, sind mit einer dünnen Beschichtung (3) aus wärmeleitfähigem Material versehen.



DE 100 41 829 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Kühleinrichtung sowie ein Verfahren zu deren Herstellung und insbesondere auf eine passive Kühleinrichtung zur Kühlung elektrischer und elektronischer Bauteile. Bei elektrischen und elektronischen Bauteilen, wie z. B. Mikroprozessoren, tritt eine Verlustleistung auf, die die Leistungsfähigkeit solcher Einheiten beschränkt oder verschlechtert. Wird beispielsweise die Betriebstemperatur eines Mikroprozessors von 100°C auf 0°C verringert, so kann die Taktfrequenz um mehr als 30% gesteigert werden. Abgesehen von einer Leistungssteigerung treten aufgrund von Überhitzungen Ausfälle auf. Überhitzungen solcher Bauteile reduzieren außerdem deren Lebensdauer beträchtlich. Zur Kühlung und Ableitung der Verlustwärme von elektronischen Bauteilen ist es üblich, passive und aktive Kühleinrichtungen zu verwenden, wie z. B. Kühlkörper mit Rippen und/oder Gebläse mit Motoren. Die Kühlkörper (ggf. samt Gebläse) sollen dabei ein möglichst geringes Gewicht haben, damit die Platine mechanisch nicht belastet wird, was zu Rissen von feinen Leiterbahnen führen kann. Aktive Kühleinrichtungen, wie z. B. Gebläse, haben mehrere Nachteile. So brauchen sie elektrische Energie, haben einen höheren Platzbedarf, verursachen Geräusche und verursachen relativ hohe Anschaffungs- und später auch Betriebskosten. Bei einem etwaigen Ausfall der aktiven Kühleinrichtung erwärmt sich das Bauelement (z. B. der Prozessor) schnell und unbemerkt, so daß es beschädigt oder sogar zerstört wird.

[0002] Die DE 196 26 227 C2 beschreibt eine Kühleinrichtung, die nach dem Prinzip der "Heatpipes" arbeitet. Heatpipe-Strukturen sind Vorrichtungen, die zur Abfuhr von Wärmemengen dienen von einem Ort der Erzeugung zu einem anderen Ort. Am heißen Bereich der Anordnung verdampft eine Flüssigkeit mit hoher latenter Verdampfungswärme. Der bei der Verdampfung entstehende Druck treibt den Dampf zum kalten Teil der Anordnung. Dort kondensiert der Dampf in die flüssige Phase und gibt die transportierte Wärme wieder ab. Das flüssige Kondensat wird wieder zur Verdampfungsstelle zurückgeführt, womit ein Kreislauf geschlossen ist. Aufbau und Herstellung einer solchen Kühleinrichtung sind sehr aufwendig und kompliziert und damit auch teuer.

[0003] Die DE 197 44 281 A1 beschreibt eine Kühlvorrichtung zum Kühlen von Halbleiterbauelementen nach dem Wärmerohrprinzip, also ebenfalls eine Heatpipe-Struktur mit einem Gehäuse, das mehrere mit Kühlflüssigkeit gesättigte Kapillarstrukturen aufweist, deren Permeabilität, Querschnittsfläche und effektiver Porendurchmesser so eingestellt ist, daß ein hoher Kapillardruck entsteht. Innerhalb des Gehäuses sind zusätzliche Kanäle vorgesehen, die eine größere Querschnittsfläche besitzen als die Kapillarstruktur, so daß die Kanäle einen wesentlich niedrigeren Kapillardruck als die Kapillarstruktur aufweisen. Auch hier sind Aufbau und Herstellung recht aufwendig.

[0004] Die DE 196 41 731 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Kühlung von mindestens zwei Elektroden aufweisenden Lichtbogengeneratoren, von denen mindestens einer Elektrode ein poröser Kühlkörper zugeordnet ist. Der poröse Kühlkörper ist dort als Sinterkörper ausgebildet, der entweder in eine Form gepreßt und in die Anode eingesetzt oder mechanisch bearbeitet wird. Innerhalb des schwammartig porösen Kühlkörpers sind feine Kanäle, innerhalb derer ein Gas strömt. Der Kühlkörper wird dort so eingesetzt, daß die anfallende Wärme dem Verbrennungsvorgang zugeführt wird, so daß die Wärmeverluste auf ein Minimum reduziert sind. Als besonders geeignetes Material für diesen Kühlkörper wird Wolfram vorgeschlagen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kühleinrichtung zu schaffen, die die obigen Nachteile des Standes der Technik vermeidet und bei guter Kühlleistung kostengünstig herstellbar ist. Weiter ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Kühleinrichtung zu schaffen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1 bzw. 13 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0007] Das Grundprinzip der Erfindung besteht darin, daß die Kühleinrichtung ein Substrat mit vorgegebener Strukturierung und mit einer im Verhältnis zu dessen Projektionsfläche großen Oberfläche ist. Auf zumindest einem Teil der Oberfläche des strukturierten Substrates ist vorzugsweise eine wärmeleitende Schicht aufgebracht ist. Die vorgegebene Strukturierung des Substrates beinhaltet vorzugsweise eine Vielzahl von Kanälen mit geeigneter Geometrie, die sich vorzugsweise durch die Dicke des Substrates hindurch erstrecken, so daß die Wärmeableitungsfläche im Verhältnis zur Wärmeeinleitungsfläche stark vergrößert ist und durchaus Größenordnungen bis zum Faktor 700 und mehr annehmen kann. Die vorgegebene Strukturierung bezieht sich dabei auf Form, Größe, Anzahl und räumliche Verteilung der Kanäle, die im Gegensatz zu dem Sinterkörper des Standes der Technik eindeutig vorbestimmt und reproduzierbar ist, so daß auch alle Kühleinrichtungen der Erfindung diese reproduzierbare Kühlleistung haben.

[0008] Das Herstellungsverfahren umfaßt den Schritt: definiertes Strukturieren eines Substrates, vorzugsweise mit Kanälen, deren Form, Größe, Anzahl und räumliche Verteilung eindeutig festgelegt ist, und nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung den Schritt:

Aufbringen einer wärmeleitenden Schicht auf mindestens einen Teil der Oberfläche des strukturierten Substrates.

[0009] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung besteht das Substrat aus Silizium oder ähnlichem Material. Das Strukturieren des Substrates erfolgt mit Ätzverfahren, wie sie innerhalb der Halbleiterindustrie bekannt sind. Die Strukturierung und insbesondere die Ausbildung von Kanälen erfolgt in genau definierter Weise, indem beispielsweise Anzahl, Abmessungen, Geometrie und räumliche Anordnung bzw. räumliche Verteilung der Kanäle vorgegeben werden. Durch Wahl dieser Parameter kann ein Verhältnis von Wärmeableitungsfläche zu Wärmeeinleitungsfläche von 400 bis 700 und mehr erreicht werden, d. h. bei einer Fläche von 1 cm<sup>2</sup> einer Wärmequelle (Wärmeeinleitungsfläche) steht für die Abstrahlung der Wärme eine Fläche von 400 bis 700 cm<sup>2</sup> und mehr zur Verfügung. Dadurch kann eine sehr große Wärmemenge sehr einfach von einer Wärmequelle abgeführt werden.

[0010] Die wärmeleitende Schicht ist aus Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, wie z. B. Silber, Kupfer, Aluminium oder dergleichen. Diese Schicht ist im Verhältnis zur Dicke des Substrates dünn und vorzugsweise liegt das Verhältnis unter 50%.

[0011] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist auch die Wärmeeinleitungsfläche strukturiert und zwar vorzugsweise in Form von parallel zu dieser Fläche laufenden Kanälen, die mit den sich durch die Dicke des Substrates erstreckenden Kanälen in Strömungsverbindung stehen können. Damit entsteht für den Wärmeabtransport eine Strömung eines umgebenden Kühlmediums, wie z. B. Luft oder auch andere Gase oder Flüssigkeiten, was den Wärmetransport verbessert.

[0012] Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung

ausführlicher erläutert. Es zeigt:

[0013] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Kühleinrichtung nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0014] Fig. 2a bis 2f einen Querschnitt der Kühleinrichtung der Fig. 1 mit verschiedenen Varianten der wärmeleitfähigen Schicht; und

[0015] Fig. 3 eine perspektivische Ansicht ähnlich Fig. 1 nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0016] Fig. 4a und 4b eine perspektivische Ansicht ähnlich Fig. 3 mit vertikalen Kanälen mit unterschiedlichem Querschnitt.

[0017] In Fig. 1 ist ein Substrat 1 zu erkennen, das eine Vielzahl von Kanälen 2 aufweist, die sich durch die Dicke des Substrates 1 hindurch erstrecken. Das Substrat ist hier ein quaderförmiger Körper, dessen eine Fläche eine Schicht 3 aus wärmeleitfähigem Material aufweist. Diese Fläche sei im folgenden als Wärmeeinleitungsfläche bezeichnet.

[0018] Sie steht in unmittelbarem Kontakt mit einem zu kühlenden Gegenstand 6, der beispielsweise ein Mikroprozessor, ein Chip, ein sonstiges elektronisches oder elektrisches Bauelement oder aber auch ein sonstiger zu kühlender Körper sein kann.

[0019] Das Substrat 1 besteht beispielsweise aus Silizium oder einem ähnlichen Material. Das Strukturieren des Substrates, hier also das Fertigen der Kanäle 2 erfolgt mit Hilfe geeigneter Lithographie- und Ätzverfahren, wie sie in der Halbleiterindustrie angewandt werden. Die Strukturbildung kann dabei in genau definierter Weise erfolgen, indem beispielsweise die Anzahl, Abmessungen sowie Anordnung bzw. räumliche Verteilung der Kanäle 2 vorgegeben werden. Durch Wahl der Parameter kann ein Verhältnis von Wärmeableitungsfläche zu Wärmeeinleitungsfläche von 400 bis 700 und mehr erreicht werden. Die Wärmeableitungsfläche ist hier nicht nur die Oberfläche 4 des Substrates, sondern primär die demgegenüber sehr viel größere Innenfläche der Kanäle 2. Diese Innenflächen, die Oberfläche 4 sowie die Seitenflächen mit Ausnahme der Wärmeeinleitungsfläche bilden die Wärmeableitungsfläche.

[0020] Das mit der wärmeleitfähigen Schicht 3 versehene Substrat wird an der Wärmequelle 6 vorzugsweise unter Verwendung einer wärmeleitenden Verbindung befestigt, beispielsweise mit einem wärmeleitenden Klebstoff. Die wärmeleitende Verbindung kann, muß aber nicht mit dem gleichen Material wie die wärmeleitende Schicht ausgebildet werden. Der Durchmesser der Kanäle 2 ist – bezogen auf die Wärmeeinleitungsfläche – sehr klein und liegt vorzugsweise in der Größenordnung von 10–50  $\mu$ .

[0021] Das Verhältnis der Wärmeableitungsfläche zur Wärmeeinleitungsfläche ist deutlich größer als 1 und vorzugsweise deutlich größer als 100.

[0022] Die wärmeleitfähige Schicht 3 hat einen hohen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten. Als wärmeleitfähige Schicht 3 bietet sich beispielsweise Kupfer an, das eine weitaus höhere Wärmeleitfähigkeit als Aluminium hat. Allerdings hat Kupfer ein deutlich höheres spezifisches Gewicht als Aluminium, weshalb ein vollständig aus Kupfer bestehender Kühlkörper ein relativ hohes Gewicht hat und daher eine Platine, wie z. B. ein Motherboard eines Computers, erheblichen mechanischen Belastungen aussetzen würde. Bei der Erfindung ist die wärmeleitfähige Schicht 3 im Verhältnis zur Dicke des Substrates 1 dünn und vorzugsweise hat die Schicht 3 nur eine Dicke von < 10  $\mu$ , während die Dicke des Substrates 1 in der Größenordnung von 1 mm liegt. Mit dieser sehr dünnen Schicht aus wärmeleitendem Material, wie z. B. Kupfer, eliminiert man die Probleme der mechanischen Belastung, da das Gesamtgewicht der Kühleinrichtung sehr gering ist. Der Kontakt zwischen der Wär-

mequelle 6 und der Kühleinrichtung muß vollständig, d. h. über die gesamte Grundfläche der Kühleinrichtung, bestehen. Dazu kann die wärmeleitende Schicht 3 in flüssiger oder semi-flüssiger Weise aufgebracht und anschließend aktiv oder passiv verfestigt werden. Durch die Aufbringung der wärmeleitenden Schicht in flüssiger oder semi-flüssiger Form kann ein optimaler Kontakt zwischen dem Substrat und der Wärmequelle geschaffen werden. Da die Oberfläche der Wärmequelle in der Regel nicht vollkommen planar und glatt ist, werden etwaige Unebenheiten der Oberfläche einer Wärmequelle, die nur zu punktuelltem Kontakt zwischen Substrat und Wärmequelle und damit schlechter Wärmekopplung zwischen diesen führen würde, durch die flüssige oder semi-flüssige wärmeleitende Schicht ausgeglichen. Als Material für die wärmeleitende Schicht eignen sich zahlreiche Stoffe, wie z. B. Silikon, Wärmeleitpaste, Aluminium, Kupfer, Silber etc.

[0023] Die Gesamtabmessungen der Kühleinrichtung sind verhältnismäßig klein. Die Fläche entspricht im wesentlichen der abstrahlenden Fläche des zu kühlenden Gegenstandes 6. Die Dicke ist dagegen deutlich kleiner als die Länge der längeren Kante der Grundfläche und liegt vorzugsweise im Bereich von 1 mm, womit die Wärmeleitstrecke sehr kurz ist. Damit wird eine gute Wärmekopplung zwischen der Wärmequelle bzw. der Wärmeeinleitungsfläche und der gesamten demgegenüber äußerst großen Wärmeableitungsfläche erreicht. Der Wärmetransport erfolgt daher auch sehr schnell und die Kühlleistung ist hervorragend.

[0024] Die Ableitung der Wärme von der Wärmequelle 6 erfolgt im einfachsten Fall durch Übertragung der in der wärmeleitenden Schicht 3 des strukturierten Substrates 1 aufgenommenen Energie auf das Umgebungsmedium, also beispielsweise Luft. Das Umgebungsmedium wird erhitzt und strömt durch das strukturierte Substrat in die Umgebungsluft. Die Konvektionsströmung setzt allmählich ein, da sich auch die Wärmequelle nach ihrer in Betriebnahme nur allmählich erwärmt. Eine weitere Verbesserung erhält man, wenn die gesamte Wärmeableitungsfläche mit der wärmeleitenden Schicht überzogen ist, also auch die Innenwände der Kanäle 2, die Oberfläche 4 und die Seitenflächen. Hier sind diverse Varianten möglich, von denen einige in den Fig. 2a bis 2f dargestellt sind.

[0025] In Fig. 2a sind alle Flächen des Substrates 1 mit der wärmeleitfähigen Schicht beschichtet, also die Unterseite mit der Schicht 3, die Innenwände der Kanäle 2 mit der Schicht 7 und die Oberfläche mit der Schicht 8.

[0026] Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2b sind die Unterseite mit der Schicht 3 und die Innenwände der Kanäle 2 mit der Schicht 7 beschichtet, während die Oberfläche 4 unbeschichtet ist.

[0027] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2c ist die gesamte Unterseite des Substrates 1 mit der Schicht 3 bedeckt, d. h. auch die Unterseite der Kanäle 2 ist durch die Schicht 3 verschlossen. Ansonsten sind wie bei Fig. 2a auch alle übrigen Flächen beschichtet.

[0028] Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2d sind die Kanäle 2 wiederum mit der Schicht 3 verschlossen, die Oberfläche 4 ist dagegen nicht beschichtet.

[0029] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2e ist die gesamte Unterseite des Substrates 1 beschichtet und zwar so, daß auch die Kanäle 2 nach unten durch die Schicht 3 verschlossen sind. Die übrigen Flächen haben keine Beschichtung.

[0030] In Fig. 2f ist nur die Unterseite mit der Schicht 3 versehen aber so, daß die Kanäle 2 nach unten offen sind. Alle übrigen Flächen sind wieder nicht beschichtet.

[0031] In den Fig. 1 und 2 haben die Kanäle einen rechteckigen Querschnitt. Selbstverständlich können auch andere Querschnitte verwendet werden, wie z. B. Zylinderform

oder sonstige beliebige Formen.

[0032] Um die Strömung des erwärmten Mediums im Kanal in vertikaler Richtung zu unterstützen, kann – wie in Fig. 4a gezeigt – der Querschnitt der Kanäle sich auch verjüngen, d. h. beispielsweise in Richtung von der Wärmeeinleitungsfläche zur Oberfläche hin abnehmenden Durchmesser haben. Durch diese Geometrie kann in Verbindung mit der Geschwindigkeit des Kühlmediums (z. B. Luft) in dem Kanal ein Druckgefälle erzeugt werden. Der im oberen Bereich des Kanals geringere Druck unterstützt den Abzug des erwärmten Mediums und damit die Kühleffizienz der Kühlvorrichtung. In dem Fall, daß die Kanäle über die Kanal-länge veränderlichen Querschnitt haben, wird die Konvektionsströmung auch dadurch besonders unterstützt werden, daß die Kanalabmessungen in der gewünschten Strömungsrichtung über die gesamte Wegstrecke des Fluids abnehmend ausgestaltet sind. In Fig. 4a ist damit die bevorzugte Strömungsrichtung von dem zu kühlenden Gegenstand 6 durch die Kanäle 2 hindurch zur Oberfläche 4 des Substrates 1. Die Bernoulli-Gleichung liefert folgenden Zusammenhang:

$$p - p_0 = \frac{1}{2} \rho V^2 \left[ \frac{A^2}{A_0^2} - 1 \right]$$

$p$  und  $p_0$  sowie  $A$  und  $A_0$  stehen für die Brücke bzw. Querschnittsflächen an zwei räumlich getrennten Stellen in den Kanälen.  $V$  ist die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids in dem Kanal.

[0033] Die Strömungsrichtung muß dabei nicht unbedingt vertikal verlaufen sondern kann auch von oben kommend seitlich verlaufen.

[0034] In Fig. 4b sind die Kanäle 2 an dem dem zu kühlenden Gegenstand 6 benachbarten Bereich enger und erweitern sich kontinuierlich in Richtung zur Oberfläche 4. Es tritt dann ein umgekehrter Kamineffekt auf.

[0035] Andere zweckmäßige Geometrien sind natürlich ebenfalls denkbar.

[0036] Die Herstellung des strukturierten Substrates kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Eine erste Möglichkeit ist die Ausbildung der Strukturen im Substrat durch verschiedene Ätzverfahren. Ein anderes mögliches Verfahren zur Ausbildung der Strukturen im Substrat ist die Anwendung von Prägeverfahren (heiß oder kalt), um Strukturen auf ein Substrat zu übertragen. Diese beiden grundsätzlich verschiedenen Verfahren können auch in Kombination verwendet werden. Beispielsweise können die mit durchgängigen Poren bzw. Kanälen versehenen Teilstrukturen mit Hilfe von Ätzverfahren und ein eventuell zwischen dieser Struktur und der Wärmequelle angebrachtes strukturiertes Substrat mit Hilfe von Prägeverfahren hergestellt werden.

[0037] Ein weiteres Verfahren zur Ausbildung der Struktur im Substrat ist das bekannte LIGA-Verfahren (Lithographie und Galvanik). Dieses Verfahren eignet sich ebenfalls zur Herstellung tiefer vertikaler Strukturen. Es sind Tiefen bis ca. 1 mm (= 1000  $\mu$ ) zu erreichen. Hierbei kann eine Trägerschicht aus einem mit einem wärmeleitenden Material beschichteten Material (z. B. Kunststoff) direkt abgeformt werden. Bei dieser Variante bzw. bei der Herstellung eines Elementes der gesamten Kühlvorrichtung mit Hilfe des LIGA-Verfahrens sind keine Ätzschritte erforderlich. Die daraus resultierenden Vorteile sind offensichtlich. Die einzigen erforderlichen Teilschritte dieser Verfahrensvariante sind: Maskenherstellung, Lithographie (z. B. Röntgen-Lithographie), Galvanisieren, Entformen, Füllen mit z. B. Kunststoff, Entformen. Die Kunststoffform ist mit der Maske identisch. Diese Kunststoffform kann abschließend mit dem wärmeleitenden Material beschichtet werden. Die durch

Galvanisieren geschaffene Form bildet danach die Fertigstellungsvorlage für weitere Kühlvorrichtungen aus Kunststoff mit wärmeleitender Beschichtung. Ansonsten gelten alle vorher angegebenen Sachverhalte und alle oder einzelne Teile der vorher beschriebenen Verfahren können nach Bedarf übernommen bzw. einbezogen werden.

[0038] Das Aufbringen der wärmeleitenden Schicht bzw. Schichten kann z. B. durch Aufdampfen erfolgen. Hierdurch wird ein ausgezeichneter Kontakt zwischen der Wärmequelle und der Kühlvorrichtung geschaffen, da die Ausbildung von Hohlräumen zwischen diesen vermieden wird.

[0039] Das Ausbilden von sich verjüngenden Kanälen kann im übrigen beispielsweise durch anisotrope naßchemische Ätzlösungen erfolgen, wobei man beispielsweise in [100]-Silizium V-förmige und in [110]-Silizium U-förmige Vertiefungen ausbilden kann.

[0040] Fig. 3 zeigt eine Weiterbildung der Erfindung, bei der die Wärmeeinleitungsfläche des Substrates Rillen bzw. Furchen 9 aufweist, die mit den Kanälen 2 in Strömungsverbindung stehen. Dadurch kann Kühlmedium, wie z. B. Luft mit Umgebungstemperatur in diesen Rillen 9 strömen und Wärme von der Oberfläche des zu kühlenden Gegenstandes zu den Kanälen 2 leiten und abführen.

[0041] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 hat die Kühlvorrichtung einen zweiteiligen Aufbau, dessen erster Teil das oben beschriebene strukturierte Substrat 1 ist, während der zweite Teil der Kühlvorrichtung dieser Ausführungsform ein zweites Substrat 10 ist, das zwischen der Wärmequelle und dem ersten Substrat 1 angeordnet ist und eine Kanalstruktur mit den Rillen oder Furchen 9 aufweist. Diese Rillen 9 verlaufen hier parallel zueinander und parallel zur Oberfläche der Wärmequelle sowie natürlich auch parallel zur Unterseite des ersten Substrates. Selbstverständlich sind auch andere Ausführungen der Struktur möglich. Das zweite Substrat 10 hat die Aufgabe, die Zufuhr des Umgebungsmediums zur Wärmeableitung zu verbessern. Im stationären Betrieb bildet sich dann eine Art Kaminabzug aus, bei dem durch kontinuierliche Konvektion Wärme von der Wärmequelle abgeführt wird. Das zweite Substrat 10 ist vorzugsweise dünner als das erste Substrat 1 ausgebildet und trägt auch an seiner Unterseite die wärmeleitende Schicht 3. Auch hier sind grundsätzlich zwei Varianten denkbar, nämlich eine, bei der die Rillen oder Furchen 9 in Strömungsverbindung mit den Kanälen 2 stehen, was durch die Rille 9' und den Kanal 2' in Fig. 3 verdeutlicht wird, das zweite Substrat 10 also auch vertikal verlaufende Öffnungen oder Poren hat und eine zweite Variante, bei der zwischen den Rillen 9 und den Kanälen 2 keine Strömungsverbindung besteht, was beim Kanal 2" in Fig. 3 zu sehen ist.

[0042] In Abwandlung des Ausführungsbeispiels der Fig. 3 kann die gesamte Kühlvorrichtung mit den Kanälen 2 und den Rillen 9 auch einteilig ausgebildet sein, was wiederum durch Ätzverfahren möglich ist. Bei der zweiteiligen Struktur der Fig. 3 sind die beiden Substrate 1 und 10 separat zu strukturieren und anschließend wärmeleitend und in zueinander ausgerichteter Form zu verbinden, beispielsweise mit einem wärmeleitenden Klebstoff. Das Beschichten kann analog den Ausführungsbeispielen der Fig. 2 durchgeführt werden. Falls die Wärmequelle ein Mikroprozessor oder ein sonstiges elektronisches Bauteil ist, kann die Kühlvorrichtung der vorliegenden Erfindung schon bei der Herstellung des Mikroprozessors auf diesem vorgesehen werden. Insbesondere, wenn der Mikroprozessor auf einem Siliziumchip aufgebaut ist, kann die Kühlvorrichtung im Mikroprozessor integriert sein. Dies reduziert die Zahl der Fertigungsschritte, verringert den Justieraufwand bei der Anbringung der Kühlvorrichtung auf dem Mikroprozessor, beschleunigt die Fertigung, erhöht die Ausbeute bei der Pro-

zessorfertigung und senkt die Gesamtkosten. Wird die Kühleinrichtung in die Wärmequelle, wie z. B. einen Mikroprozessor integriert, so kann dies in einfacher, dem Fachmann bekannter Weise, wie z. B. die oben genannten Ätz- und Lithographiebearbeitung, über der gesamten Oberfläche der Wärmequelle realisiert werden. Nach Wunsch kann die Kühleinrichtung sogar in den Mikroprozessor "eingelassen" ausgebildet werden, d. h. die Oberseite der Kühleinrichtung fluchtet mit der Oberseite des Mikroprozessors.

[0043] Selbstverständlich kann die Kühleinrichtung im Fall ohne Integration mit der Wärmequelle über die gesamte Oberfläche auf eine der oben beschriebenen Arten angebracht werden, beispielsweise mit geringem Abstand zwischen den einzelnen Kühleinrichtungen oder auch teilweise aneinandergrenzend.

[0044] Selbstverständlich kann die Kühlvorrichtung nach der Erfindung auch für andere Wärmequellen als Mikroprozessoren verwendet werden. Als zusätzliche Unterstützung der Funktion können natürlich auch noch Gebläse oder sonstige Ventilationseinrichtungen angeordnet werden. Weiter ist es möglich, die Kühlvorrichtung nach der Erfindung räumlich getrennt von der Wärmequelle anzuordnen und sie dann durch einen Wärmeleiter mit ihr zu koppeln.

#### Patentansprüche

1. Kühlvorrichtung mit einem Substrat (1), das eine Wärmeeinleitungsfläche, die in thermischem Kontakt zu einem zu kühlenden Gegenstand (6) bringbar ist, und eine Wärmeableitungsfläche aufweist, wobei die Wärmeableitungsfläche aufgrund einer vorgegebenen Strukturierung (2) wesentlich größer ist als die Wärmeeinleitungsfläche.
2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Wärmeableitungsfläche zur Wärmeeinleitungsfläche größer 10 ist.
3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Wärmeableitungsfläche zur Wärmeeinleitungsfläche etwa 400 bis 700 oder größer ist.
4. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturierung durch Kanäle (2) gebildet ist, die sich durch das Substrat hindurch erstrecken und im wesentlichen senkrecht zur Wärmeeinleitungsfläche stehen.
5. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die Wärmeeinleitungsfläche mit einer Beschichtung (3) aus wärmeleitfähigem Material versehen ist.
6. Kühlvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwände der Kanäle (2) mit einer Beschichtung (7) aus wärmeleitfähigem Material versehen sind.
7. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die der Wärmeeinleitungsfläche gegenüberliegende Oberfläche (4) des Substrates (1) mit einer Beschichtung (8) aus wärmeleitendem Material versehen ist.
8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (2) quadratischen, rechteckigen oder kreisförmigen Querschnitt haben.
9. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeeinleitungsfläche eine definierte Strukturierung in Form von Furchen (9) aufweist.
10. Kühlvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Furchen (9) in Strömungsverbindung mit den Kanälen (2) stehen.

11. Kühlvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Furchen (9) parallel zueinander und parallel zur Wärmeeinleitungsfläche verlaufen.

12. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweites Substrat (10) in wärmeleitendem Kontakt mit dem Substrat (1) vorgesehen ist, wobei die Furchen (9) in dem zweiten Substrat (10) vorhanden sind und die Beschichtung aus wärmeleitfähigem Material (3) auf dem zweiten Substrat (10) aufgebracht ist.

13. Kühlvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Substrat (10) dünner ist als das erste Substrat.

14. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (2) in ihrer Längsrichtung (Strömungsrichtung) einen veränderlichen Querschnitt haben.

15. Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Verfahren folgenden Schritt umfaßt: definiertes Strukturieren eines Substrates.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren des Substrates durch Ätzen von Kanälen erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren des Substrates alternativ oder zusätzlich durch ein Prägeverfahren erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren des Substrates durch ein Lithographie- und Galvanikverfahren erfolgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine wärmeleitende Schicht auf mindestens einen Teil der Oberfläche des definiert strukturierten Substrates aufgebracht wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Schicht durch Aufdampfen aufgebracht wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Schicht aus Silber, Kupfer, Aluminium oder Materialien mit mindestens ähnlich guter Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) besteht.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Schicht dünner ist als das Substrat (1).

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Schicht eine Dicke von ca. 10  $\mu$  hat.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzen der Kanäle durch anisotropes Ätzen erfolgt, womit die Kanäle über ihre Längsrichtung einen sich ändernden Durchmesser bzw. Querschnitt haben.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



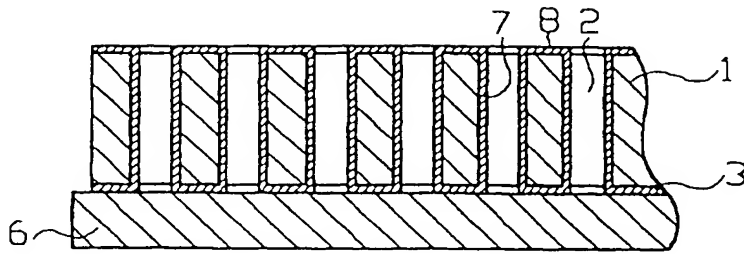


Fig. 2a

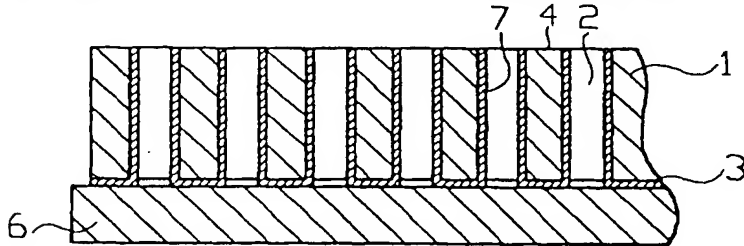


Fig. 2b

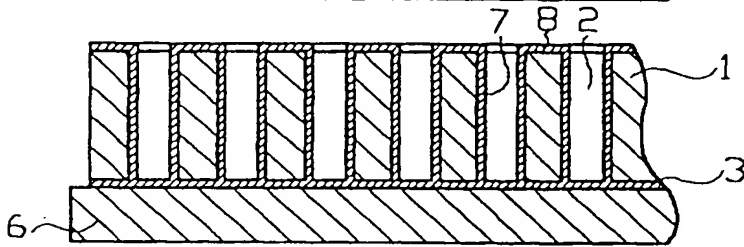


Fig. 2c

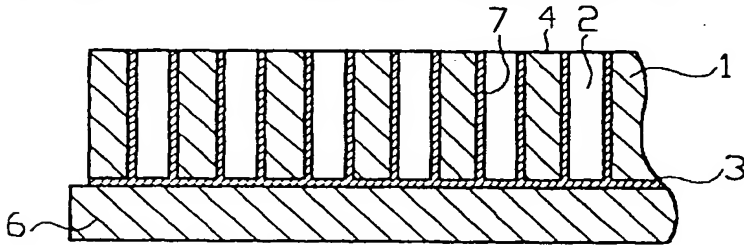


Fig. 2d

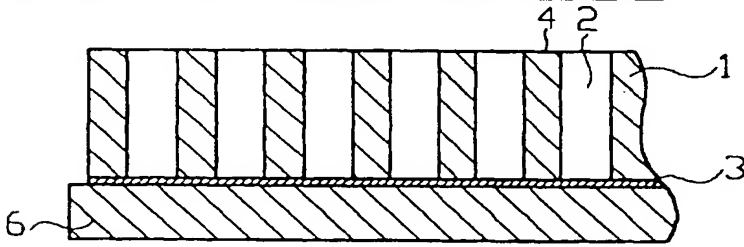


Fig. 2e

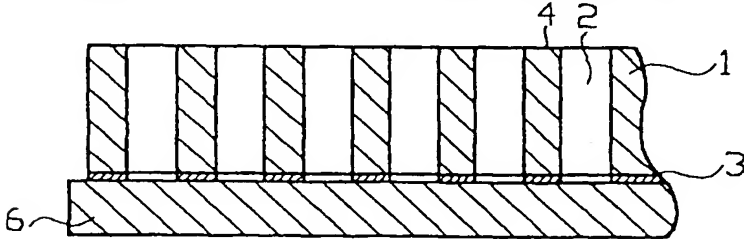


Fig. 2f

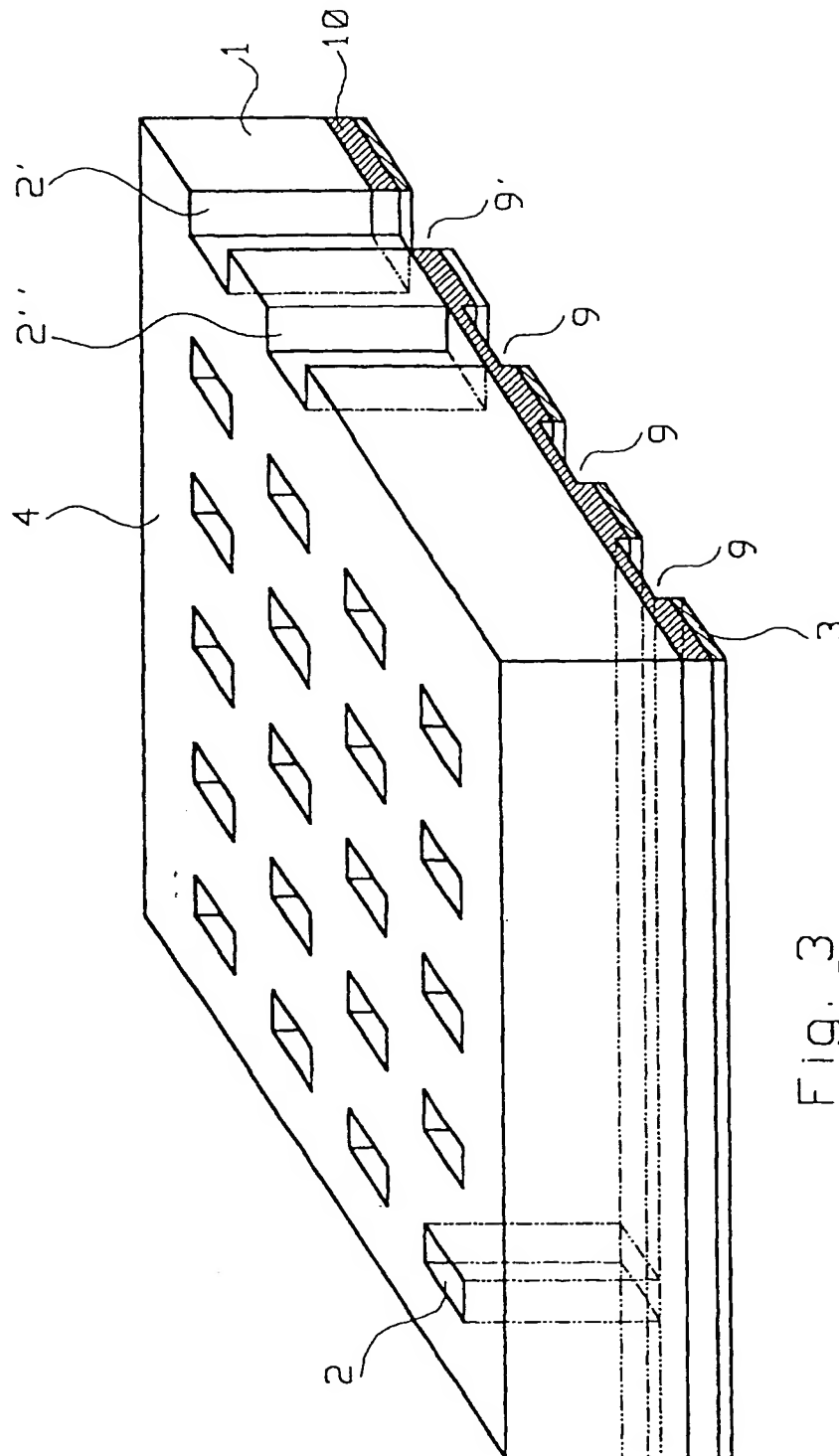


Fig. 3

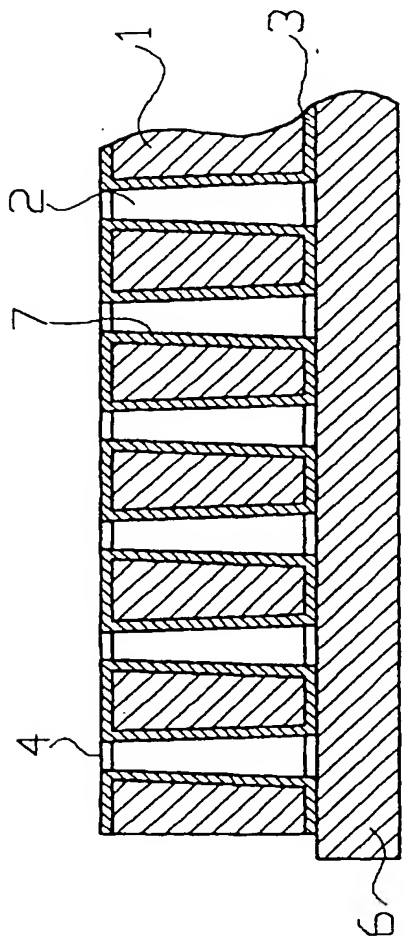


Fig. 4a

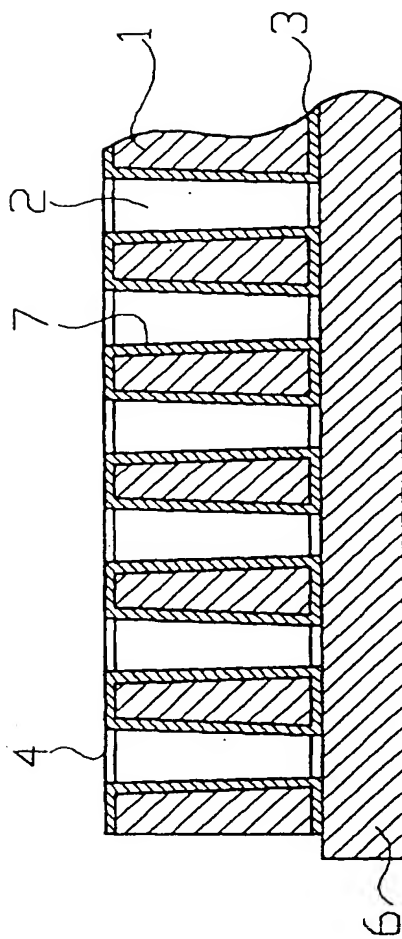


Fig. 4b

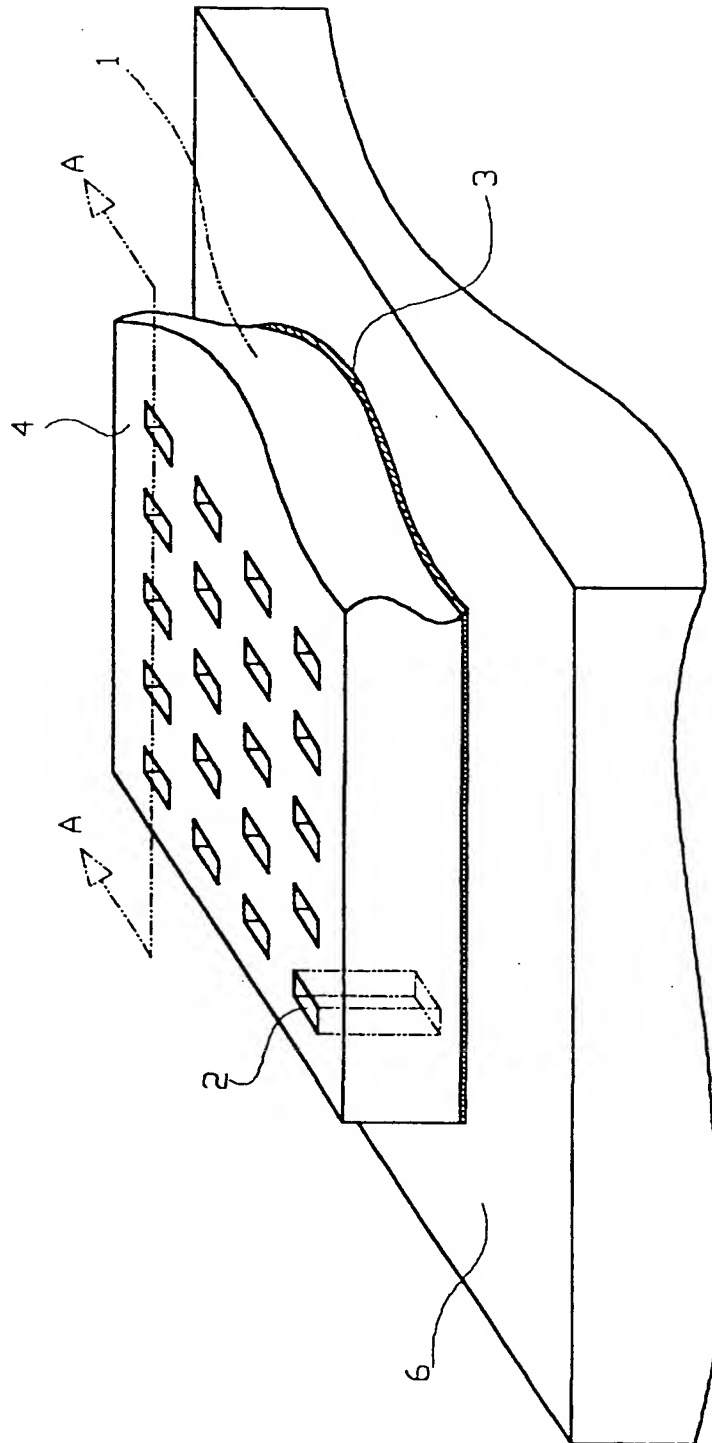


Fig. 1